

文章编号:1003-8701(2012)06-0012-05

AMMI 模型在花生区试数据分析中的应用

李玉发,王佰众,张学军,刘红欣,
栾天浩,窦忠玉,赵德,何中国*

(吉林省农业科学院作物资源研究所,吉林 公主岭 136100)

摘要:分析基因型、环境及基因型与环境互作对花生品种单位面积荚果产量的影响,评价吉林省不同花生品种的稳定性和地点的鉴别力。采用 AMMI 模型对 2011 年吉林省花生品种区域试验数据进行分析。3 条主成分轴共解释了 92.05% 的互作平均荚果产量,06 测 B₈、吉花 08-39、濮花 28 属于高产、稳产型品种,适应性广;引种 08 测 A₂ 和 2008-8 荚果平均产量较高,稳定性差;白沙 1016 稳产性较好,但产量较低。e₂、e₃、e₆ 对品种的分辨率较强,e₄ 和 e₅ 对品种的分辨率较差。AMMI 模型分析方法可用于评价花生品种的稳定性和适应性,比较透彻地分析环境和基因互作效应。该研究可为在较短时间内建立较客观地评价花生品种的丰产性和稳定性的统计分析方法奠定基础。

关键词:花生;AMMI 模型;区域试验;稳定性;丰产性

中图分类号:S565.2

文献标识码:A

Application of AMMI Model in Regional Experiment of Peanut

LI Yu-fa, WANG Bai-zhong, ZHANG Xue-jun, LIU Hong-xin,

LUAN Tian-hao, DOU Zhong-yu, ZHAO De, HE Zhong-guo

(Crop Resources Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China)

Abstract: The effect of gene, environment and their interaction on the yield per unit area of peanut was analyzed to evaluate the stability of peanut varieties and their discriminating ability of places. AMMI model was adopted to analyze the experimental data of the peanut tested in Jilin in 2011. Three principal constituent axes explained 92.05 % interactive average peanut yield. The results showed that '06ceB8', 'Jihua08-39' and 'Puhua28' were high and stable yield varieties and they were extensively adaptable. 'Yinzhong08ceA2' and '2008-8' were higher average yield and bad stability. 'Baisha1016' was lower average yield and better stable. The results also indicated that varieties in the test locations of e₂, e₃ and e₆ expressed stronger resolution power; e₄ and e₅ expressed weaker discriminating ability. AMMI model can be used to evaluate stability and adaptability of peanut varieties as well as explicitly analyze interaction between environment and gene. This study established the foundation for statistic methods used to objectively evaluate productivity and stability of peanut varieties in short period.

Keywords: Peanut; AMMI model; Regional test; Stability; Productivity

品种区域试验是良种繁育推广的重要环节。

它是指在一定的生态地区和一定的时间范围内鉴定参试品种的丰产性、稳定性和适应性,通过试验准确地鉴定品种在本地区的适应性、应用价值等,从中选出适应本地区的优质、高产和抗本地区主要病害的优良品种,为品种的审定、良种推广和布局区域化提供可靠依据^[1-5]。在作物品种区域试验中,品种和地点的互作(G×E)是普遍存在的。Romagosa 等总结了 100 个多环境试验的产量资

收稿日期:2012-07-03

基金项目:科技部花生成果转化项目(2010GB2B100113);吉林省财政厅育种专项(吉财农指[2011]511号)

作者简介:李玉发(1976-),男,硕士,副研究员,研究方向为油料及麦类作物遗传育种。

通讯作者:何中国,男,研究员,E-mail: Zg_h@163.com

料后得出,80%~90%的处理变异平方和归因于地点变异,而品种与地点互作的变异又大于品种变异^[1]。因而,对品种与地点的互作效应的准确估计是合理评估作物区试中品种的稳产性及适应性的基础。主效可加互作可乘模型(AMMI 模型 - Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model) 可以通过从加性模型的残差中分离模型误差与干扰来提高估计的准确性,并借助于双标图直观地描绘和分析品种与地点互作的具体模式^[2],受到了许多育种家的关注。它不仅能分析交互作用的显著性,还能估计交互作用的特点及形态,同时

辅以双标图和稳定系数 D_{ge} 值进行直观和定量分析^[6-13]。为此,笔者采用 AMMI 模型对 2011 年吉林省 11 个花生品种区域试验数据进行分析 and 评价。

1 材料与方法

1.1 试验设计

采用吉林省花生区域试验 2011 年各试点的数据资料,参试品种(系)11 个,其中以白沙 1016 为对照,全省布点 6 个。参试品种荚果产量及代码见表 1。试验采用随机区组设计,3 次重复,小区面积 20 m²,密度 11 万穴/hm²。

表 1 2011 年吉林省花生区域试验参试品种和承试点的荚果平均产量及代码

花生品种	品种编号	荚果平均产量(kg/hm ²)	承试点	承试点编号	荚果平均产量(kg/hm ²)
引种 06 测 B ₈	g ₁	3 318.61	白城市农科院花生所	e ₁	3 213.14
引种 08 测 A ₂	g ₂	3 096.70	吉林省农科院作物所(公主岭)	e ₂	3 231.51
吉花 08-8	g ₃	2 983.63	吉林省农科院经植所(范家屯)	e ₃	2 627.10
吉花 08-39	g ₄	2 713.62	双辽市花生研究所	e ₄	2 875.81
纯系 9102	g ₅	2 603.11	扶余县农业技术中心	e ₅	2 869.70
2003-13-10	g ₆	3 301.93	洮北区林海镇农业站	e ₆	2 922.33
I ₂ S ₂	g ₇	2 650.34			
濮花 28 号	g ₈	3 318.61			
科富花 3 号	g ₉	2 890.33			
2008-8	g ₁₀	3 069.21			
白沙 1016(ck)	g ₁₁	2 576.84			

1.2 AMMI 模型分析方法

AMMI 模型是将方差分析和主成分分析相结合在同一个模型中具有可加和可乘分量的数学模型,其关系式如下:

$$y_{ge} = m + a_g + b_e + \sum_{i=1}^n l_n g_{gn} d_{gn} + q_{ge}$$

式中 y_{ge} 是在环境 e 中基因型 g 的荚果产量, m 代表总体平均值, a_g 是基因型平均偏差(各个基因型平均值减去总的平均值), b_e 是环境的平均偏差(各个环境的平均值减去总的平均值), l_n 是第 n 个主成分分析的特征值, n 是在模型主成分分析中主成分因子轴的总个数, q_{ge} 为残差。如果试验设有重复,则误差项为 e_{ger} , 等于 y_{ge} 平均值与 r 个重复的单个观察值之间的偏差,并具有可加性。

AMMI 模型分析作图以及相关和多元回归分析运用 DPS9.50 软件进行^[14]。

1.3 稳定性参数的计算方法

$$D_g = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i (IPCA)^2_{gn}} \quad D_e = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i (IPCA)^2_{en}}$$

式中 $n=1, 2, \dots, n$ 为显著的 IPCA 个数;

$IPCA_{gn}$ 和 $IPCA_{en}$ 分别为品种 g 和试点 e 的第 n 个主成分得分, D_g 和 D_e 分别为品种和试点的稳定性指标。品种的 D_g 越小产量越稳定,试点的 D_e 越小对品种的分辨力越弱。

1.4 互作效应值的计算方法

$$D_{ge} = \sum_{i=1}^n l_n g_{gn} d_{gn} + q_{gn}$$

式中 l_n 为特征根, m_{gn} 和 g_{en} 分别为交互作用的品种分量和环境分析分量, q_{gn} 是 AMMI 模型残差, D_{ge} 表明相应品种与试点互作的性质和大小,即品种对承试点的特殊适应性。

2 结果与分析

2.1 产量联合方差分析与 AMMI 模型分析

由表 2 可知,环境(E)即试点间变异平方和占整个处理总平方和的 22.97%,基因型(G)即品种间的平方和占 39.74%,而品种和试点($G \times E$)的交互作用的平方和占 37.29%。对试验中产量总变异起作用的大小顺序为:基因型 > 品种和试点交互 > 环境,且基因与环境对产量总变异起作用的差异

达极显著水平。可见品种和试点互作效应($G \times E$)的变异大于环境间变异,这说明 $G \times E$ 互作效应分析是对品种合理评价的重要环节。

对交互主成分分析的 IPCA 的显著性进行 F 测验表明, $IPCA_1$ 达显著水平, $IPCA_2$ 、 $IPCA_3$ 不显著。

$IPCA_1$ 、 $IPCA_2$ 、 $IPCA_3$ 的平方和分别占互作平方和的 51.18%、28.78%、12.09%, 即前 3 项互作解释了 92.05% 的变异。由此可见,主成分分析比较透彻地分析了互作信息,因此重视对品种和试点的交互作用的分析对合理评价品种起着相当重要的作用。

表 2 2011 年吉林省花生品种区域试验荚果平均产量 AMMI 分析

变异来源	DF	SS	MS	F
基因	10	15 141 153.54	1 514 115.35	9.21**
环境	5	8 750 184.34	1 750 036.87	10.65**
交互作用	50	14 205 676.77	284 113.54	1.73
$IPCA_1$	14	7 270 843.64	519 345.97	6.45**
$IPCA_2$	12	4 088 591.31	340 715.94	4.23**
$IPCA_3$	10	1 717 983.67	171 798.37	2.13
误差	14	1 128 258.16	80 589.87	
总和	65	38 097 014.65	586 107.92	

2.2 参试品种的稳定性 and 适应性分析

2.2.1 AMMI 双标图分析法分析结果

由图 1 可知,在横轴方向上,试点与品种表现得均比较分散,说明它们的变异较大。纵轴方向反映品种和试点的交互作用的差异,如品种 g_2 和 g_{10} 荚果平均产量接近,但 $IPCA_1$ 值的明显差异表明了这 2 个品种在各地的表现明显不同。靠近水平线的品种是较为稳定的品种,所以高产稳产的品种对应最右边且靠近水平线的品种,如品种 g_6 、 g_8 、 g_{10} 的 $IPCA_1$ 值靠近水平线,说明这些品种和试点的交互作用小,表现较为稳定;而品种 g_1 、 g_2 、 g_3 和 g_9 的 $IPCA_1$ 值离水平线较远,说明该品种对

环境较敏感。试点 e_1 和 e_2 的品种荚果平均产量较高,试点 e_3 的品种荚果平均产量较低。

由图 1 还可知,不同品种对不同地点的适应性不同。过零点水平线的品种与位于同侧地点之间的互作为正向,与另一侧地点间的互作为负向。即品种 g_1 、 g_3 、 g_4 、 g_5 、 g_6 、 g_8 与试点 e_1 、 e_3 、 e_5 有正向交互作用,与试点 e_2 、 e_4 、 e_6 有负向交互作用,表明上述品种在试点 e_1 、 e_3 、 e_5 有较好的适应性;而品种 g_2 、 g_7 、 g_9 与试点 e_2 、 e_4 、 e_6 有正向交互作用,表明这些品种在有正向交互作用的试点有较好的适应性;品种 g_{10} 和 g_{11} 在水平线上,表明其在各个试点都有较好的适应性。

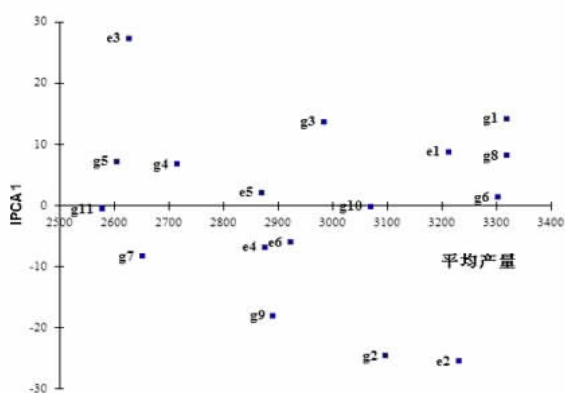


图 1 2011 年吉林省花生品种区域试验荚果平均产量 AMMI 双标图

2.2.2 稳定参数分析法分析结果

D_g 值能够很好地评价参试品种(基因型)的稳定性。由表 3 可知, D_g 值大小顺序为 $g_9 > g_2 > g_3 > g_6 > g_{10} > g_1 > g_7 > g_5 > g_8 > g_4 > g_{11}$, 因此参试品种稳定性顺

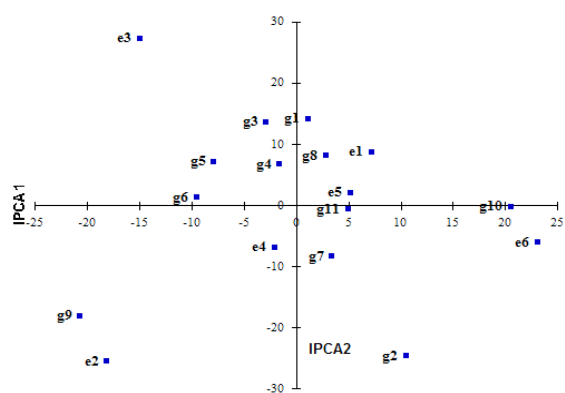


图 2 2011 年吉林省花生区域试验中品种和地点的 $IPCA_1$ 和 $IPCA_2$ 值的双标图

序依次为 $g_{11} > g_4 > g_8 > g_5 > g_7 > g_1 > g_{10} > g_6 > g_3 > g_2 > g_9$ 。结合荚果平均产量表现可知, g_4 、 g_1 、 g_8 属于高稳产型品种; g_2 和 g_{10} 虽然产量较高,但稳定性较差; g_{11} 稳产性较好,但产量较低。

表 3 2011 年吉林省花生区域试验中品种稳定性参数

参试品种	荚果平均产量(kg/hm ²)	IPCA ₁	IPCA ₂	IPCA ₃	D _g	位次
g ₁	3 318.61	14.22	1.06	7.32	16.03	6
g ₂	3 096.70	-24.55	10.42	0.81	26.68	2
g ₃	2 983.63	13.73	-2.94	-15.81	21.14	3
g ₄	2 713.62	6.83	-1.69	-1.77	7.26	10
g ₅	2 603.11	7.24	-7.94	0.67	10.76	8
g ₆	3 301.93	1.37	-9.62	18.66	21.04	4
g ₇	2 650.34	-8.30	3.32	-7.43	11.62	7
g ₈	3 318.61	8.23	2.75	-0.59	8.69	9
g ₉	2 890.33	-18.04	-20.73	-3.12	27.66	1
g ₁₀	3 069.21	-0.15	20.46	4.80	21.02	5
g ₁₁	2 576.84	-0.58	4.89	-3.55	6.07	11

2.3 地点对品种的鉴别力分析

2.3.1 AMMI 双标图分析法分析结果

图 2 给出了品种、地点的 IPCA₁ 和 IPCA₂ 的双标图。比较图 2 中试点和原点连线的长短即可了解品种在各地点交互作用的大小。试点离原点越远表明对总的互作贡献越大。该试验中,交互作用较大的试点有 e₂、e₃、e₆,交互作用较小的有 e₁、

e₄ 和 e₅。品种越接近原点说明该品种稳定性好。该试验中,品种 g₄、g₇、g₈ 和 g₁₁ 最稳定,而品种 g₂、g₉ 和 g₁₀ 离原点远,对环境较敏感。

2.3.2 稳定性参数分析法结果

由表 4 可知,各试点 D_e 大小顺序为:e₃>e₂>e₆>e₁>e₄>e₅,即试点 e₂、e₃、e₆ 对品种的分辨率较强,e₄ 和 e₅ 对品种的分辨率较差。

表 4 2011 年吉林省花生区域试验承试点稳定性参数

试点	荚果平均产量(kg/hm ²)	IPCA ₁	IPCA ₂	IPCA ₃	D _e	位次
e ₁	3 213.14	8.81	7.15	-18.32	21.55	4
e ₂	3 231.51	-25.41	-18.16	-3.22	31.39	2
e ₃	2 627.10	27.32	-15.04	8.81	32.41	1
e ₄	2 875.81	-6.83	-2.07	10.18	12.43	5
e ₅	2 869.70	2.13	5.11	-9.36	10.87	6
e ₆	2 922.33	-6.02	23.02	11.91	26.61	3

2.4 品种在试点上的特殊适应性分析

品种与环境的互作效应值 D_{ge} 是基于所有的 IPCA 值得出的互作信息,是确定优良品种推广应用区域的重要依据,也是 AMMI 模型作为分析互作效应的一种重要标志。由表 5 可知,g₁ 在 e₄、e₅

具有广泛的适应性、在 e₂ 和 e₆ 具有特殊适应性。g₂、g₃ 对 e₁ 有特殊适应性,g₄、g₅ 对 e₂ 有特殊适应性,g₆ 和 g₇ 对 e₃ 有特殊适应性;g₁、g₄、g₈ 在适应地区增产潜力很大,但 g₂、g₉、g₁₀ 对环境较敏感;g₁₁ 适应性较广。

表 5 2011 年吉林省花生区域试验中品种与试点的互作效应值

试点	品 种										
	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆	g ₇	g ₈	g ₉	g ₁₀	g ₁₁
e ₁	-310.08	321.87	198.26	-66.74	-116.19	-435.08	80.20	53.26	108.26	109.37	56.87
e ₂	381.44	-856.62	443.11	198.11	333.66	119.77	-238.28	48.11	-35.23	-345.78	-48.28
e ₃	-292.50	489.44	-480.83	-182.50	-68.61	252.50	129.44	-355.83	199.14	-234.72	-55.56
e ₄	-1.14	-65.86	-12.80	43.86	64.42	278.86	-239.19	345.53	-172.80	-68.36	-172.53
e ₅	-48.41	56.87	36.59	39.92	-91.19	-190.08	320.20	-65.08	-120.08	-40.63	101.87
e ₆	270.68	54.29	-184.32	-32.65	-122.10	-25.98	-52.37	-25.98	-579.32	580.13	117.63

3 讨 论

在多环境试验中,基因型与环境互作受到植

物育种家的普遍重视,并发展了许多 G×E 互作分析方法,使该互作得以正确描述和数量化。不过,由于 G×E 互作是一个十分复杂的生物学现

象,在作物育种中对基因型的适应性差异的生理基础研究还不够。目前,无论哪一种互作分析方法都有其优点和弱点。

AMMI 模型成功地将方差分析和主成分分析结合在一起,并提供了形象直观的图形工具,为研究具体的基因型与环境互作及品种稳定性差异评价提供了一条方便的途径。AMMI 图形不仅有助于鉴别品种的适应性、稳定性和丰产性,而且对于深入理解品种和试点互作,对于明了试点间的相互关系,制定育种目标和良种的示范推广也有重要参考价值。当然,必须注意到 AMMI 图形只是展示 AMMI 分析结果的图形工具,它的可靠性仍依赖于 AMMI 模型分析数据的有效性。AMMI 图形虽直观简洁,便于理解,但所表达的品种稳定性信息往往是局限的,最好将 AMMI 双标图与依据所有显著的乘积项得出的稳定性参数结合起来推断。另外,对于试点的分辨力大小,不能只看 1 次区试结果,应根据多次区试情况来判断,从而鉴别出对某一特定试点具有特殊适应性的品种,以提高育种效率。

参考文献:

- [1] 张 泽,鲁 成,向仲怀.基于 AMMI 模型的品种稳定性分析[J].作物学报,1998,24(3):304-309.
- [2] 曾献英. AMMI 模型在棉花区域试验中的应用 [J]. 棉花学

报,2004,16(4):233-235.

- [3] 王 磊,曾先列,余汉勇,等.利用加性主效应和乘积交互作用模型对国际杂交水稻圃数据的分析 [J]. 中国水稻科学,1997,11(4):198-204.
- [4] 英 敏,杨思琼. AMMI 模型在玉米品种区域试验中的应用 [J]. 种子,2008,27(8):97-101.
- [5] 刘文江,李浩杰,汪旭东,等.用 AMMI 模型分析杂交水稻基本性状的稳定性[J].作物学报,2002,28(4):569-573.
- [6] 何代元,胡 宁,马兆锦,等. AMMI 模型在玉米区域试验中的应用[J].玉米科学,2009,17(4):144-147.
- [7] Wamatu J N, Thomas E. The influence of genotype $\times$ environment interaction on the grain yields of 10 pigeonpea cultivars grown in Kenya [J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2002(188):25-33.
- [8] Campbell B T, Jones M A. Assessment of genotype $\times$ environment interactions for yield and fiber quality in cotton performance trials[J]. Euphytica, 2005(144):69-78.
- [9] 王 磊, McLaren C G, 杨仕华. 利用双标图分析基因型和环境交互作用[J]. 科技通报,1997,13(5):281-286.
- [10] 李艳艳,丰 震,赵兰勇. 用 AMMI 模型分析玫瑰品种产花量的稳定性[J]. 中国农业科学,2008,41(6):1761-1766.
- [11] 高海涛,王书予,王翠玲,等. AMMI 模型在旱地小麦区域试验中的应用[J]. 麦类作物学报,2003,23(4):43-46.
- [12] 徐良年,高三基,邓祖湖,等. AMMI 模型在甘蔗区域试验中的应用[J]. 江西农业大学学报,2004,26(5):735-739.
- [13] 严威凯. 双标图分析在农作物品种多点试验中的应用 [J]. 作物学报,2010,36(11):1805-1819.
- [14] 唐启义. DPS 数据处理系统-实验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 北京:科学出版社,2010.

(上接第 3 页)

3 结 论

合理密植是玉米获得高产的一项重要栽培措施,一般认为在一定范围内产量随着密度增加而提高,到一定密度后产量达到最高,继续增加密度产量反而下降。

玉米品种先玉 335 随着种植密度的增加,玉米植株的农艺性状和产量性状都发生了一定的变化,玉米的株高和空秆率呈现上升趋势,行粒数、百粒重随着密度的增加逐渐下降,产量随种植密度的增加呈现出抛物线趋势。根据数据分析结果,在风沙瘠薄农田区,合理施肥条件下,先玉 335 最大产量种植密度为 6.65 万株/hm²,经济效益种植密度为 6.54 万株/hm²。

参考文献:

- [1] 杨世民,廖尔华,袁继超,等.玉米密度与产量及产量构成因

素关系的研究[J].四川农业大学学报,2000,12(4):322-324.

- [2] 杨国虎. 种植密度影响玉米产量及部分产量相关性状的研究[J]. 西北农业学报,2006,15(5):57-60.
- [3] 刘淑云,董树亭,胡昌浩,等.玉米产量和品质与生态环境的关系[J].作物学报,2005,31(5):571-576.
- [4] 刘武仁,郑金玉,冯艳春,等.玉米品种不同密度下的质量效应[J].玉米科学,2005,13(2):99-101.
- [5] 薛吉全,梁宗锁,马国胜,等.玉米不同株型耐密性的群体生理指标研究[J].应用生态学报,2002,13(1):55-59.
- [6] 张中东,王 璞,何雪峰,等.不同密度处理对紧凑型玉米农大 486 叶片生长发育的影响[J].玉米科学,2004,12(专刊):91-93.
- [7] 路海东,薛吉全,赵 明,等.玉米高产栽培群体密度与性状指标研究[J].玉米科学,2006,14(5):111-114.
- [8] 冯艳春,李万良,郑金玉,等.密度对玉米产量及商品品质的影响研究[J].玉米科学,2007,15(6):79-81.
- [9] 张 娟,王立功,刘爱民,等.种植密度对不同玉米产量和灌浆进程的影响[J].作物杂志,2009(3):40-43.
- [10] 马兴林.种植密度对 3 个玉米杂交种产量及品质的影响[J].玉米科学,2005,13(3):84-86.